

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/000851

International filing date: 28 January 2005 (28.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 004 850.9  
Filing date: 30 January 2004 (30.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 04 April 2005 (04.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

18 MRT 2005

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 10 2004 004 850.9

**Anmeldetag:** 30. Januar 2004

**Anmelder/Inhaber:** Ina Fischer,  
41063 Mönchengladbach/DE

**Bezeichnung:** Stelltrieb mit Stufenstellung in  
Satellitengetrieben

**IPC:** F 16 H 29/06

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 11. März 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Wellner

# Stelltrieb mit Stufenstellung in Satellitengetrieben

## Zusammenfassung:

Ein stufenloses formschlüssiges Getriebe, das durch exzentrischen Versatz zwischen Antrieb- und Abtriebsstufe Übersetzungen stufenlos einstellen kann (Satellitengetriebe) mit einer Einstellvorrichtung zur Regelung der Übersetzung so dass vorzugsweise solche exzentrische Positionen eingestellt werden, bei denen ein besonders ruhiger Lauf erzielt wird, da die Umfangslänge des Lastbogens ein ganzzahliges Vielfaches der Formschlüsse (Zähne) darstellt.

## Beschreibung:

Getriebe, die stufenlose Übersetzungsregelungen mit formschlüssiger Übersetzung zulassen sind als sog. Satellitengetriebe aus den Patentschriften EP 070 8896 und DE 594 034 04.3-08 sowie aus der PCT / DE 03 / 00355 bekannt. Die Einstellung der Übersetzung erfolgt dabei durch exzentrischen Versatz zwischen Antrieb- und Abtriebsstufe. Der Absolutbetrag dieser Exzentrizität kann dabei jedes beliebige Maß darstellen, so dass sich unendlich viele Übersetzungsverhältnisse einstellen lassen.

Die Kraftübertragung erfolgt bei diesen Getrieben durch zyklisches Ein- bzw. Auskuppeln der Satelliten auf dem Umfang der Ringscheibe, wobei durch die Richtungswirkung ( Freilauffeffekt ) immer der Satellit kuppelt, der die größte Übersetzung erzeugt. Der Bereich, in dem ein Satellit kuppelt wird als Lastbogen definiert und der Bereich, in dem die Satelliten ausgekuppelt sind und im Überholbetrieb laufen heißt Leerbogen. Die Lage des Lastbogens ist im Getriebe theoretisch ortsfest und liegt symmetrisch und parallel um die Linie der exzentrischen Verschiebung, je nach Übersetzungsrichtung mit negativem oder positivem Vorzeichen zur Verschieberichtung.

Die Lastbogenlänge definiert sich als die Umfangslänge auf der Ringscheibe die durch ein Segment der Sternscheibe aufgespannt wird. Die Sternscheibe enthält eine Zahl von im wesentlichen radialen Segmenten, welche durch die Zahl der Satelliten bestimmt wird. Der Kupplungsvorgang erfolgt theoretisch genau dann, wenn zwei Satelliten sich in symmetrischen Positionen, also auf gleichen Laufradien befinden.

In solchen exzentrischen Stellungen, in denen ein Satellit in symmetrischer Lage zum voreilenden Satelliten exakt in ein Formschlüsselement (Zahn) passt, wird auch in der Praxis die Lastübernahme sehr nahe am theoretischen Lastbogeneingang erfolgen. In allen Fällen, wo der Satellit wegen der Lastumkehr im Symmetriepunkt mit dem Kupplungsvorgang beginnt, also um den Übertragungsstift rotiert um in Eingriff zu kommen, jedoch keine Zahnflanke findet, muss dieser Satellit weiter solange voreilen, bis er die nächste Zahnflanke erreicht. Dieser Überholvorgang beginnt zunächst mit sehr geringer Differenzgeschwindigkeit, da aus einfachen geometrischen Überlegungen heraus in der Nähe des Lastbogeneintritts die Geschwindigkeiten zweier benachbarter Satelliten zunächst identisch sind und nur langsam mit fortschreitender Rotation zunehmen. Bis zum Kupplungspunkt an der im ungünstigsten Fall um eine Zahnbreite entfernten Zahnflanke wird je nach Geometrie des Getriebes ein Differenzwinkel zwischen Antrieb und Abtrieb überstrichen, der in der Größenordnung des Lastbogenwinkels selbst liegt. Somit ergibt sich in der Praxis eine Verschiebung des Lastbogens gegenüber der theoretischen Lage, die mit einem erheblichen Anstieg der Ungleichförmigkeit verbunden ist, da sich deutlich vergrößerte Differenzgeschwindigkeiten zwischen den Satelliten aufbauen. In einigen Stellungen der Exzentrizität resultieren daraus so große Geschwindigkeitsdifferenzen, dass der nachfolgende Satellit gar nicht mehr kuppelt sondern der übernächste Satellit, der eine günstigere Zahnflanke findet, direkt in Eingriff kommt.

Kinematikanalysen zeigen dass in praktisch sinnvoll ausgelegten Getrieben mit entsprechenden Parametervorgaben bzgl. der Zahl der Satelliten und der Zähne Überhöhungen der Ungleichförmigkeit durch die o.g. Lastbogenverschiebungen in Größenordnungen von 400%, in typischen Varianten z.B. von 1,5% Ungleichförmigkeit auf über 8% auftreten. Die Ungleichförmigkeit, welche durch die Zahl der Satelliten bestimmt wird und die auch bei kraftschlüssiger Kupplung der Satelliten auftritt, wird als primäre (im o.g. Beispiel 1,5%) und die Ungleichförmigkeit, welche durch die Lastbogenverschiebungen durch ungünstige Lagen der Zähnezahzahl bestimmt ist, wird als sekundäre Ungleichförmigkeit (im o.g. Beispiel  $8\% - 1,5\% = 6,5\%$ ) bezeichnet.

Bei einer Regelung der Satellitengetriebe so, dass bestimmte Exzentrizitäten bzw. Übersetzungsverhältnisse bevorzugt werden, nämlich jene, bei denen minimale Ungleichförmigkeiten auftreten, d.h. die sekundäre Ungleichförmigkeit verschwindet, könnten somit bei nur geringfügig erhöhtem Fertigungsaufwand sehr ruhig laufende Getriebe gefertigt werden, ohne dass praktische Nachteile und funktionale Einschränkungen in Kauf genommen werden müssen.

Tatsächlich werden nämlich in den meisten Fällen praktischer Anwendung keine Getriebe mit unendlich vielen Übersetzungen benötigt, sondern der Anspruch auf Stufenlosigkeit konzentriert sich auf kontinuierliche Regelung ohne Zugkraftunterbrechung, ohne Bedarf von Trennkupplungen oder Drehmomentwandlern sowie auf die Vermeidung von Stufensprüngen im Antriebsstrang. Die Wahl des konstanten Übersetzungsverhältnisses nach Beendigung des Regelvorganges für die anschließende Periode stationären Betriebes erlaubt durchaus gewisse Toleranzen zwischen gewünschter und erzielter Übersetzung.

Die Erfindung minimiert die Anteile am Betriebszyklus von Satellitengetrieben dadurch, dass für den stationären Betrieb mit unveränderter Stellung der Exzentrizität, also konstanter Übersetzung eine geeignete Rasterung in der Verstellung dafür sorgt, dass solche Werte für die Exzentrizität angefahren werden, bei denen die Lastbogenlänge im wesentlichen ein ganzzahliges Vielfaches der Zahnteilung beträgt.

In einer besonderen Ausführung wird dazu eine Stellspindel gewählt, deren Steigung so ausgelegt ist, dass zwei benachbarte Stellungen der Exzentrizität mit ganzzahliger Zähnezahzahl im Lastbogen um eine Spindeldrehung oder ein ganzzahliges Vielfaches einer Spindeldrehung entfernt liegen. In einer solchen Ausführung kann eine einfache Nockenrasterung in der Spindeldrehung die optimalen Exzentrizitäten fixieren.

In einer anderen Variante steuert eine programmierbare Regelung solche bevorzugte Exzentrizitäten an. In einer weiteren Ausführung wird ein Klopfsensor, z.B. als Körperschallsonde in die Regelung integriert und benutzt nicht die jeweilige geometrische Stellung sondern die per Sensor ermittelte Laufruhe als eine Führungsgröße der Regelung.

Um solche Übersetzungsverhältnisse mit besonderer Laufruhe auszustatten, die im gesamten Lastkollektiv hohe zyklische Betriebszeiten aufweisen, wird eine Zahnteilung so gewählt, dass die Lastbogenlänge für diese bevorzugten Übersetzungsverhältnisse ein ganzzahliges Vielfaches dieser gewählten Zahnteilung ist.

Insbesondere für die in vielen Getriebeauslegungen häufig genutzte Übersetzung von 1 wird erfindungsgemäß in einer bevorzugten Ausführung eine Zähnezahl gewählt, die ein ganzzahliges Vielfaches der Satellitenzahl darstellt.

In einer weiteren Variante der Erfindung wird die Geometrie der Nuten in der Sternscheibe so auf die Geometrie der exzentrischen Verschiebung abgestimmt, dass die Zahl der Stellungen mit ganzzahliger Zähnezahl im Lastbogen maximiert wird und/oder dass sich eine besonders einfache Stellkinematik für die Rasterung des Stelltriebes ergibt. So können z.B. die Nuten der Sternscheibe gekrümmt und der Verschiebeweg ebenfalls über eine besondere Kontur geführt werden, um diese gewünschte Eigenschaft zu erreichen.



## Patentansprüche:

1. **Stufenloses, formschlüssiges Getriebe, bestehend aus Antrieb und Abtriebsscheibe mit Variation der Übersetzung durch exzentrische Verschiebung und aus zyklisch kuppelnden Schaltelementen (Satelliten), sog. Satellitengetriebe dadurch gekennzeichnet dass** die Exzentrizität für den Betrieb, in dem die Übersetzung nicht verändert wird, auf solche Werte eingestellt wird, dass die Lastbogenlänge ein ganzzahliges Vielfaches der Zahnbreite ist, dass also eine ganze Zahl von Zähnen im Lastbogen liegt.
2. **Satellitengetriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass** der Stelltrieb eine Rasterung enthält, mit der die bevorzugten Stellungen ganzzahliger Teilung gefunden und gehalten werden.
3. **Satellitengetriebe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sensor die Laufruhe des Getriebes erfasst und solche Stellung für den stationären Betrieb einregelt, die zu minimalen Ungleichförmigkeiten führen.
4. **Satellitengetriebe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass** der Verschiebeweg der Exzentrizität nicht gerade sondern in einer besonderen Kontur verläuft, so dass eine besonders einfache Ansteuerung der Lagen mit minimaler Ungleichförmigkeit möglich ist hilfsweise äquidistante Positionen für minimale Ungleichförmigkeiten erreicht werden.
5. **Satellitengetriebe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass** die Nuten in der Sternscheibe nicht gerade sondern in einer besonderen Kontur verlaufen, so dass eine besonders einfache Ansteuerung der Lagen mit minimaler Ungleichförmigkeit möglich ist hilfsweise äquidistante Positionen für minimale Ungleichförmigkeiten erreicht werden.
6. **Satellitengetriebe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass** die Nuten in der Sternscheibe und der Verschiebeweg der Exzentrizität nicht gerade sondern in besonderen Konturen verlaufen, so dass eine besonders einfache Ansteuerung der Lagen mit minimaler Ungleichförmigkeit möglich ist hilfsweise äquidistante Positionen für minimale Ungleichförmigkeiten erreicht werden.
7. **Satellitengetriebe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass** die Zahl der Zähne so auf die Zahl der Satelliten abgestimmt wird, dass die Bedingung der ganzzahligen Lastbogenlänge in bevorzugten Übersetzungsverhältnissen bzw. Exzentrizitäten erfüllt wird.
8. **Satellitengetriebe nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass** die Zahl der Zähne ein ganzzahliges Vielfaches der Zahl der Satelliten ist.

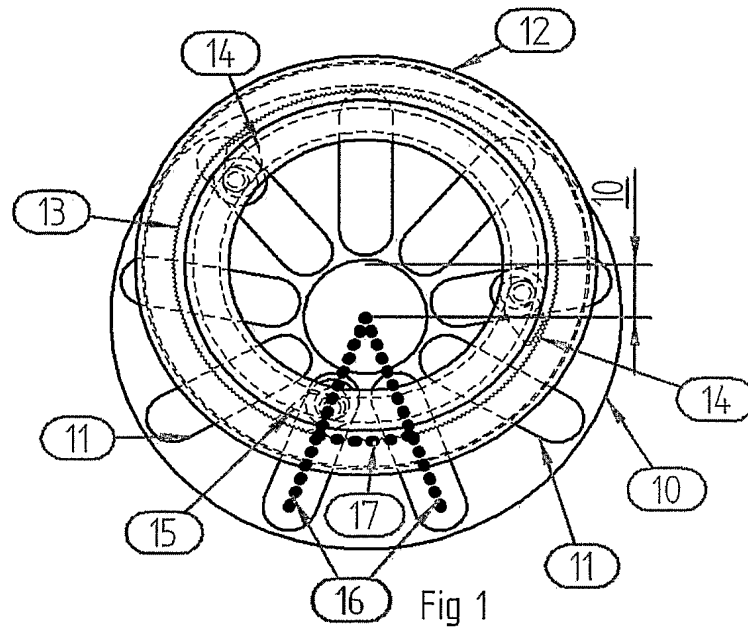


Fig. 1 zeigt die Sternscheibe 10 mit den Radialnuten 11 in exzentrischer Position um 10 mm versetzt gegenüber der Mitte der Ringscheibe 12 mit der Verzahnung 13. Die beiden Satelliten 14 sind ausgekuppelt und befinden sich im Überholbetrieb, da sie im Leerbogen laufen. Von den insgesamt 9 Satelliten sind exemplarisch nur die beiden Satelliten 14 im Leerbogen und der Satellit 15 im Lastbogeneintritt, der als einziger verriegelt ist, gezeigt. Der Lastbogen ist definiert durch die beiden Grenzlinien 16, die symmetrisch zur Verschieberichtung der Exzentrizität um 10 mm liegen und die den Lastbogeneintritt und den Lastbogensaustritt markieren. Der Lastbogenwinkel ergibt sich mit  $360^\circ / 9 = 40^\circ$  für 9 Satelliten. Wenn die Umfangslänge 17 innerhalb des Lastbogens auf der Höhe des Radius, auf dem die Verzahnung 13 liegt ein ganzzahliges Vielfaches der Zahnumfangslänge (etwa = Zahnbreite) ist, also eine ganze ungebrochene Zahl von Zähnen innerhalb dieses Bogens liegen, wird die Kupplung des nachfolgenden Satelliten nicht behindert, der Satellit kuppelt dann unmittelbar in der Nähe des Lastbogeneintritts, die Lastbogenverschiebung und damit die sekundäre Ungleichförmigkeit wird minimiert. Alle Exzentrizitäten, für die dieser Zustand erreicht wird, sind bevorzugte Stellungen des Getriebes mit optimaler Laufeigenschaft.